



ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА/TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.72.5>

EDN: GXXKSH

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Научная статья

Ганин Н.С.¹, Нестеренко Г.А.^{2,*}, Нестеренко И.С.³¹ORCID : 0009-0000-0315-8856;²ORCID : 0000-0003-1528-4627;³ORCID : 0000-0003-4749-010X;^{1,2,3} Омский государственный технический университет, Омск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (nga112001[at]list.ru)

Предложена: 25.03.2026; Принята: 24.04.2026; Опубликовано: 21.05.2026

Аннотация

Работа посвящена вопросу поддержания рабочей температуры цементно-песчаной строительной смеси в процессе ее смешивания в зимний период времени. Описана актуальность данной темы в контексте проведения строительных работ в зимний период времени.

В статье описано устройство, которое позволяет производить процесс смешивания с одновременным нагревом смеси. Рассмотрена область применения данного устройства и описаны основные расчетные зависимости. Приведены основные результаты исследования.

В результате проделанной работы сделан вывод о возможности и целесообразности использования предлагаемого устройства при отрицательных температурах во время проведения подготовительных и строительных работ в зимний период времени.

Ключевые слова: цементно-песчаная смесь, бетон, раствор, подогрев, шнек, строительные работы, температура.

A DEVICE FOR MAINTAINING THE WORKING TEMPERATURE OF A CEMENT-SAND MIXTURE DURING THE WINTER SEASON

Research article

Ganin N.S.¹, Nesterenko G.A.^{2,*}, Nesterenko I.S.³¹ORCID : 0009-0000-0315-8856;²ORCID : 0000-0003-1528-4627;³ORCID : 0000-0003-4749-010X;^{1,2,3} Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

* Corresponding author (nga112001[at]list.ru)

Suggested: 25.03.2026; Accepted: 24.04.2026; Published: 21.05.2026

Abstract

The work is devoted to the issue of maintaining the working temperature of a cement-sand construction mix during the mixing process in winter. The relevance of this topic in the context of carrying out construction work in winter is described.

The article describes a device that makes it possible to carry out a mixing process while simultaneously heating the mixture. The scope of application of this device is examined and the main calculation relationships are described. The main results of the study are presented.

As a result of the work carried out, it has been concluded that it is both feasible and appropriate to use the proposed device at negative temperatures during preparatory and construction work in the winter season.

Keywords: cement-sand mixture, concrete, solution, heating, screw conveyor, construction work, temperature.

Введение

В зимний период работа с цементно-песчаными смесями (растворами) требует особого подхода. Низкая температура замедляет гидратацию цемента и создает риск замерзания воды в смеси, что негативно сказывается в процессе строительных работ. При преждевременном замерзании воды, цементная смесь бракуется и теряет свою способность использоваться по прямому назначению. Подогрев рабочей смеси и поддержка определенной температуры, предотвращает её деградацию [1], [2].

Одним из способов работы с цементной смесью зимой, является предварительный нагрев компонентов, а именно самого цемента с песком (щебня, при его добавлении) и воды. Как правило нагрев компонентов осуществляется в диапазонах 60...90°C. Такой способ является наиболее распространённым и менее затратным при получении замеса. Также популярны и бетонные противоморозные добавки (ПМД), которые понижают температуру замерзания воды, но они направлены в большей степени, на создание условий, чтобы бетон застывал и набирал прочность уже после заливки. При температуре ниже -15...-20°C заливать бетон не рекомендуется даже с добавками, так как эффективность последних резко снижается.

При проведении зимних строительных работ большое внимание уделяется времени жизни раствора. Под данным термином понимается, что раствор не должен быть в жидком состоянии до его укладки. При низкой температуре это время сокращается, причём, не из-за изменений физико-химических свойств между цементом, песком и водой, а напрямую от температуры замерзания воды, которая равняется 0°C. Таким образом, в данной работе рассматривается и предлагается устройство для нагрева и поддержания заданной температуры раствора, при цикличном его перемешивании [3], [4].

Методы и принципы исследования

Целью работы являлось создание устройства для подогрева цементного раствора, которое можно интегрировать в стационарные бетоносмесители (рис.1) с малым загрузочным объёмом.



Рисунок 1 - Стационарный бетоносмеситель
DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.72.5.1>

Необходимо учитывать, что раствор должен постоянно перемешиваться, с этой задачей справляется сам бетоносмеситель [5]. Выполнение данной задачи может решаться и самим нагревательным устройством. В данном случае предлагается рабочую поверхность нагревательного устройства сделать в виде спирального шнека [6]. При вращении шнека создается дополнительный эффект перемешивания раствора с его одновременным нагревом. Таким образом, данное устройство в дальнейшем, именуется, как шнековый нагреватель (рис.2) [7].

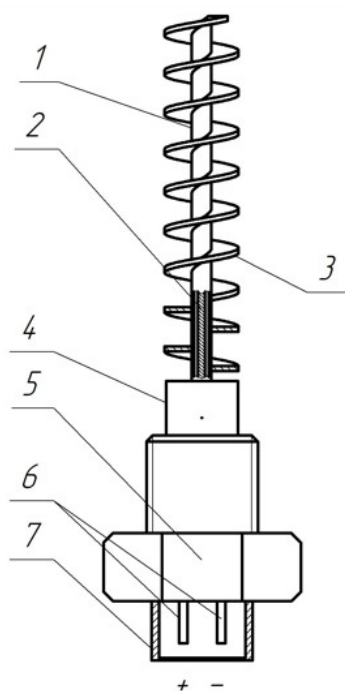


Рисунок 2 - Шнековый нагреватель:

1 - полый стержень; 2 - нагревательный элемент; 3 - шнековый винт; 4 - электродвигатель; 5 - запорное устройство; 6 - клеммы; 7 - кожух

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.72.5.2>

Конструктивно устройство включает в себя: шнек, нагревательный элемент встроенный в тело шнека и электродвигатель для вращения.

Устройство состоит из полого стержня 1 в который встроен нагревательный элемент 2 и соединен не жесткой связью со стержнем, на котором в свою очередь жестко закреплен шнековый винт 3. Электродвигатель 4, показанный условно, передает крутящий момент на стержень шнека и соответственно на винт, вследствие чего образуется поступательное движение шнека. Вышеперечисленная конструкция закрепляется на торце запорного устройства 5, которое фиксируется в теле бетоносмесителя. Имеющаяся резьба на запорном устройстве, позволяет вмонтировать в тело корпуса бетоносмесителя посредством подшипникового узла. Данное решение даёт возможность легкого демонтажа нагревательного устройства, а также образования степени свободы от вращения с корпусом бетоносмесителя. На торце бобышки запорного устройства предусмотрены клеммы 6 и кожух 7 для подачи питания на электродвигатель и нагревательный элемент. Клеммы и кожух могут иметь разный формфактор, в зависимости от силы питающего тока и напряжения.

Для анализа работоспособности шнекового нагревателя необходимо определить такие показатели как объёмную подачу шнекового нагревателя и мощность нагревателя передаваемую с поверхности шнека для нагрева раствора [8], [9], [10]. При использовании зависимостей принят ряд допущений представленных ниже:

- Теплообмен с внешней средой отсутствует;
- Раствор вначале нагрева и после не перемешивается между собой;
- Зависимость удельной теплоемкости и плотности от диапазона температур не учитывается;
- Коэффициент теплоотдачи от нагревателя к раствору постоянен;
- Цементный раствор обладает свойством неразрывности (при малой подаче шнекового нагревателя).

Объёмная подача раствора через шнековый нагреватель определяется по следующей формуле.

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot S \cdot \frac{n}{60} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2$$

Где:

D — диаметр шнека, м;

d — диаметр вала шнека, м;

S — шаг между витками шнека, м;

n — частота вращения шнека, об/мин;

κ_1 — коэффициент заполнения, учитывает и средние вязкостные потери;

κ_2 — поправочный коэффициент, учитывающий обратное стекание жидкой субстанции.

Мощность нагревателя передаваемая с поверхности шнека для нагрева раствора за один такт определяется следующим выражением.

$$P = \alpha \cdot F \cdot (t_W - t_{BX})$$

Где:



a — Коэффициент теплоотдачи от нагревателя раствору, Вт/м²·°С;

F — площадь теплообмена, м²;

t_w — температура шнека, °С;

$t_{вх}$ — температура раствора вначале нагрева, °С;

Таким образом, после первой итерации температура цементно-песчаного раствора, проходя через нагреватель, повышается и затем, по предложенным зависимостям, по экспоненте будет приближаться к температуре нагревателя. При достижении требуемой температуры раствора, нагреватель отключается.

Основные результаты

Основным результатом данной работы, является устройство, предназначенное для подогрев раствора в бетоносмесителе.

Устройство (рис.2) работает следующим образом, когда цементно-песчаная смесь загружается в загрузочный короб бетоносмесителя, она уже может быть подогрета, любым другим способом, так же как и вода или иметь температуру несколько выше отрицательной. Вследствие низкой отрицательной температуры окружающей среды, на нагревательный элемент 2, встроенный в стержень 1 шнека, подается питание. Нагревательный элемент повышает температуру стержня шнека и винта 3. Путем теплопередачи вблизи шнекового нагревателя образуется область нагрева в которой рассматриваемый раствор бетона начинает подогреваться и перемешиваться. Далее при достижении определенной температуры, например 30...50°С, для дополнительной аккумуляции тепла в растворе для нормального рабочего пользования. Параметры, влияющие на нагрев раствора и его дальнейший подогрев, могут определяться опытным путем по времени и интенсивности нагрева. Далее подключается электродвигатель 4, который начинает вращать шнек, что в итоге создает циркуляцию раствора и равномерное распределение температуры по его объему. Со временем область раствора, вследствие прогрева, увеличивается. Запорное устройство 5 служит для фиксации устройства в теле, через тела разрывающие жесткую связь с вращающимися элементами. На бобышке запорного устройства установлен разъем с клеммами 5 и кожухом 6 для закрепления ответной части, на которую подается питание с контроллера на нагревательный элемент и электродвигатель.

Обсуждение

Предлагаемое устройство способно упростить выполнение строительных работ на участке, а также предложить определенные преимущества. К таким преимуществам можно отнести борьбу с замерзанием раствора при дополнительном перемешивании. Дополнительное перемешивание раствора поверхностью нагретого винта считается более целесообразным решением, нежели просто перемешивание вращением резервуара бетоносмесителя, со стационарным нагревателем.

Шнековый винт отлично подходит для смешивания цементно-песчаного раствора, в первую очередь из-за имеющейся высокой вязкости у второго. Также в смеси могут присутствовать добавки (щебень, фиброволокно, пластификаторы), которые в процессе перемешивания не смогут навредить винту шнека.

Заключение

Внедрение предлагаемого устройства в конструкцию бетоносмесителя расширяет эксплуатационные границы комплекса в целом. В частности, в направлении работ проводимых в зимний промежуток времени, где низкая температура вносит большое влияние на рабочие характеристики, используемых материалов. Также предлагаемый комплекс возможно использовать в регионах с холодным климатом, где его особенности могут дать преимущество перед другими системами подогрева цементно-песчаной смеси.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов журнала «Современное строительство и архитектура».

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.72.5.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Community of Reviewers of the Modern Construction and Architecture.

DOI: <https://doi.org/10.60797/mca.2026.72.5.3>

Список литературы / References

1. Шляхтина Т.Ф. Опыт эксплуатации бетоносмесительного завода в северных условиях / Т.Ф. Шляхтина, Т.Н. Бардакова // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. — 2021. — Т. 1. — С. 187–191. — EDN: FSQJCG.

2. Сафиуллина Э.Ф. Особенности технологии зимнего бетонирования с применением метода термоса / Э.Ф. Сафиуллина, А.Ю. Давиденко // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023: Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09–10 ноября 2023 года. — Курск: Университетская книга, 2023. — С. 308–311. — EDN: ISTVOP.

3. Нестеренко Г.А. Установка для подогрева и охлаждения топлива в цистерне автотопливозаправщика / Г.А. Нестеренко, И.С. Нестеренко, Н.С. Ганин // Автомобильная промышленность. — 2025. — № 5. — С. 22–24. — EDN: CSXYPH.



4. Нестеренко И.С. Мобильная установка для поддержания температуры топлива при транспортировке / И.С. Нестеренко, Н.С. Ганин // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. — 2025. — № 1 (43). — EDN: KFJBJJ.
5. Чемерчей М.В. Пути модернизации бетоносмесительных узлов заводов товарного бетона и сборного железобетона / М.В. Чемерчей // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. — 2019. — Т. 2. — С. 372–377. — EDN: TGIIO.
6. Ганин Н.С. Погружной робот—шнекоход для исследования водоёмов / Н.С. Ганин, Г.А. Нестеренко // Транспортные системы: безопасность, новые технологии, экология: Сборник докладов V Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию высшего образования в Якутском институте водного транспорта, 21 апреля 2023 года — Якутск, 2023. — С. 233–239. — EDN: LCLRGM.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025692583 Российская Федерация. Расчет шнекового нагревателя / Н. С. Ганин, Г. А. Нестеренко; заявитель Омский государственный технический университет. — заявл. 10.11.2025; опублик. 21.11.2025. — EDN: OOBUFN.
8. Сафин Р.Г. Математическое моделирование гидравлического сопротивления слоя измельченных отходов при их шнековом транспортировании в установке производства активированного угля / Р.Г. Сафин, А.С. Родионов, В.Г. Сотников [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. — 2024. — № 1 (118). — С. 59–74. — DOI: 10.23859/1994-0637-2024-1-118-4. — EDN: GWNSII.
9. Салихов Д.Д. Теоретическое исследование влияния угла подъёма шнека к горизонту «β» на производительность и мощность наклонного шнекового транспортера / Д.Д. Салихов // Наукосфера. — 2025. — № 10-2. — С. 174–182. — DOI: 10.5281/zenodo.17502300. — EDN: BYZEDO.
10. Щипунов А.Н. Методы расчета винтовых исполнительных органов / А.Н. Щипунов, А.В. Устинов // Механизация строительства. — 2014. — № 9 (843). — С. 4–8. — EDN: SNIGVN.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shlyakhtina T.F. Opyt ekspluatatsii betonosmesitel'nogo zavoda v severnykh usloviyakh [Experience in operating a concrete mixing plant in northern conditions] / T.F. Shlyakhtina, T.N. Bardakova // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki [Proceedings of Bratsk State University. Series: Natural and Engineering Sciences]. — 2021. — Vol. 1. — P. 187–191. — EDN: FSQJCG. [in Russian]
2. Safiullina E.F. Osobennosti tekhnologii zimnego betonirovaniya s primeneniem metoda termososa [Features of winter concreting technology using the thermos method] / E.F. Safiullina, A.Yu. Davidenko // Pokolenie budushchego: Vzglyad molodykh uchenykh-2023 [Generation of the Future: The View of Young Scientists-2023]: Collection of Scientific Articles of the 12th International Youth Scientific Conference. In 4 volumes, Kursk, November 09–10, 2023]. — Kursk: University Book, 2023. — P. 308–311. — EDN: ISTVOP. [in Russian]
3. Nesterenko G.A. Ustanovka dlya podogreva i ohlazhdeniya topliva v cisterne avtotoplivozapravshchika [Installation for heating and cooling fuel in the tank of a fuel tanker] / G.A. Nesterenko, I.S. Nesterenko, N.S. Ganin // Avtomobil'naya promyshlennost' [Automotive industry]. — 2025. — № 5. — P. 22–24. — EDN: CSXYPH. [in Russian]
4. Nesterenko I.S. Mobil'naya ustanovka dlya podderzhaniya temperatury topliva pri transportirovke [Mobile unit for maintaining fuel temperature during transportation] / I.S. Nesterenko, N.S. Ganin // Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura [Automobile. Road. Infrastructure]. — 2025. — № 1 (43). — EDN: KFJBJJ. [in Russian]
5. Chemerchey M.V. Puti modernizatsii betonosmesitel'nykh uzlov zavodov tovarnogo betona i sbornogo zhelezobetona [Ways of modernization of concrete mixing units of commercial concrete and precast reinforced concrete plants] / M.V. Chemerchey // Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika [Modern Technologies in Construction. Theory and Practice]. — 2019. — Vol. 2. — P. 372–377. — EDN: TGIIO. [in Russian]
6. Ganin N.S. Pogruzhnoy robot—shnekohod dlya issledovaniya vodoyomov [Submersible auger robot for water body exploration] / N.S. Ganin, G.A. Nesterenko // Transportnye sistemy: bezopasnost', novye tekhnologii, ekologiya [Transport systems: safety, new technologies, ecology]: Collection of reports of the V International scientific and practical conference dedicated to the 65th anniversary of higher education at the Yakutsk Institute of Water Transport, April 21, 2023. — Yakutsk, 2023. — P. 233–239. — EDN: LCLRGM. [in Russian]
7. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2025692583 Rossijskaya Federatsiya. Raschet shnekovogo nagrevatelya [Certificate of state registration of computer program № 2025692583 Russian Federation. Calculation of screw heater] / N. S. Ganin, G.A. Nesterenko; applicant Omsk State Technical University. — appl. 10.11.2025; publ. 21.11.2025. — EDN: OOBUFN. [in Russian]
8. Safin R.G. Matematicheskoe modelirovanie gidravlicheskogo soprotivleniya sloya izmel'chennykh othodov pri ih shnekovom transportirovanii v ustanovke proizvodstva aktivirovannogo uglya [Mathematical modeling of the hydraulic resistance of a layer of shredded waste during its screw conveying in an activated carbon production unit] / R.G. Safin, A.S. Rodionov, V.G. Sotnikov [et al.] // Vestnik Cherepoveцкого gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Cherepovets State University]. — 2024. — № 1 (118). — P. 59–74. — DOI: 10.23859/1994-0637-2024-1-118-4. — EDN: GWNSII. [in Russian]
9. Salikhov D.D. Teoreticheskoe issledovanie vliyaniya ugla pod'yoma shneka k gorizontu «β» na proizvoditel'nost' i moshchnost' naklonnogo shnekovogo transportera [Theoretical Study of the Influence of the Angle of Ascent of the Screw to the Horizon "β" on the Performance and Power of an Inclined Screw Conveyor] / D.D. Salikhov // Naukosfera [Science Sphere]. — 2025. — № 10-2. — P. 174–182. — DOI: 10.5281/zenodo.17502300. — EDN: BYZEDO. in Russian]
10. Shchipunov A.N. Metody rascheta vintovykh ispolnitel'nykh organov [Methods of Calculating Screw Executive Bodies] / A.N. Shchipunov, A.V. Ustinov // Mekhanizatsiya stroitel'stva [Mechanization of Construction]. — 2014. — № 9 (843). — P. 4–8. — EDN: SNIGVN. [in Russian]